

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-297019

(43)Date of publication of application : 12.11.1996

(51)Int.Cl.

G01B 11/26
B60K 28/02
G01B 11/00

(21)Application number : 07-127145

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 27.04.1995

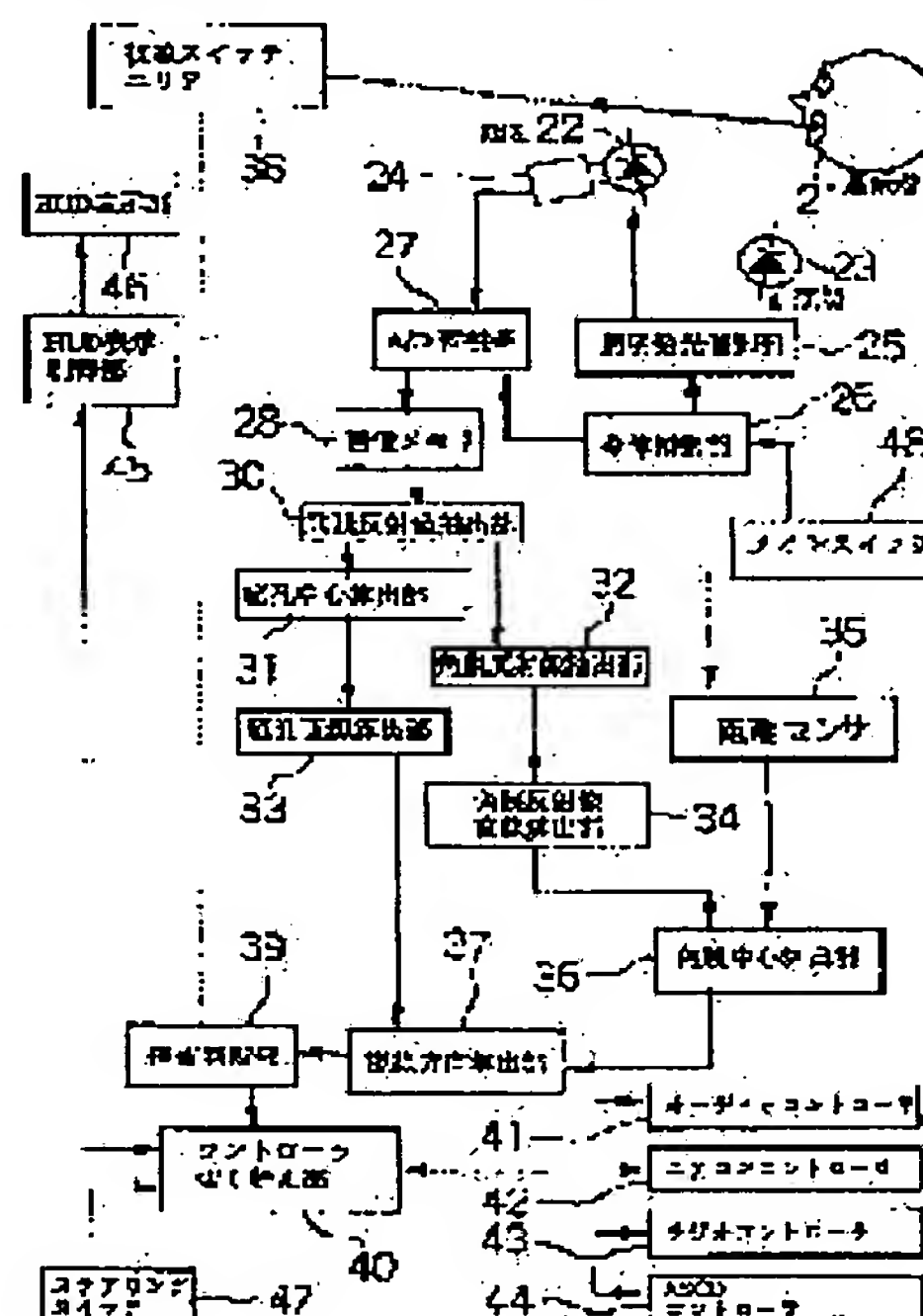
(72)Inventor : ISHIWAKA TAKUO
SAITO HIROSHI

(54) APPARATUS FOR DETECTING DIRECTION OF LINE OF SIGHT FOR VEHICLE

(57)Abstract:

PURPOSE: To speed up a process for operating a direction of a line of sight.

CONSTITUTION: Image data of a face of a driver 21 photographed by a camera 24, and a first and a second diverging illuminations 22, 23 are stored in an image memory 28. The image data are processed, thereby to calculate, at a pupil line calculation part 33, a pupil line passing a focus of the camera 24 and a center position of the pupil, and calculate, at a corneal reflection image line calculation part 34, a corneal reflection image line passing a corneal reflection image. The distance from the camera 24 to the face is measured by a distance sensor 35. The center of a corneal ball is calculated at a corneal ball center calculation part 36 from the distance between the corneal reflection image line and the face. The direction of a line of sight is calculated from the center of the corneal ball and pupil line at a sight direction calculation part 37. Since the depth distance from the camera 24 to the face is used to calculate the center of the corneal ball, the amount of operations is greatly reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

4/4

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-297019

(43)公開日 平成8年 (1996) 11月12日

(51)Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/26			G 0 1 B 11/26	H
B 6 0 K 28/02			B 6 0 K 28/02	
G 0 1 B 11/00			G 0 1 B 11/00	D

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 14 頁)

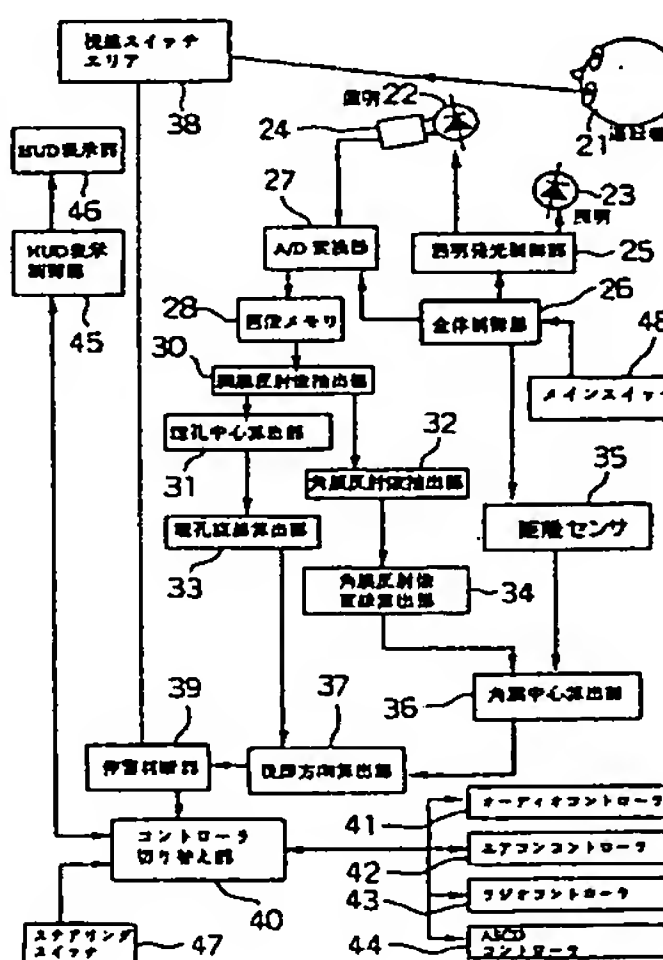
(21)出願番号	特願平7-127145	(71)出願人	000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(22)出願日	平成7年 (1995) 4月27日	(72)発明者	石若 卓夫 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(72)発明者	斎藤 浩 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
		(74)代理人	弁理士 菊谷 公男 (外3名)

(54)【発明の名称】 車両用視線方向計測装置

(57)【要約】

【目的】 視線方向算出の演算処理を高速化する。

【構成】 カメラ24と第1、第2の発散照明22、23により撮像した運転者21の顔面の画像データが画像メモリに格納される。画像データを処理して、瞳孔直線算出部33でカメラの焦点と瞳孔中心位置を通る瞳孔直線を算出し、角膜反射像直線算出部34で角膜反射像を通る角膜反射像直線を算出する。距離センサ35によりカメラから顔面までの距離を計測し、角膜球中心算出部36で角膜反射像直線と顔面までの距離とから角膜球中心を算出する。そして、視線方向算出部37でこの角膜球中心と瞳孔直線とから視線方向を算出する。カメラから顔面までの奥行き距離を角膜球中心の算出に用いるので、演算量が大幅に低減される。



FP04-0153-0040-11

'04. 8. 31

SEARCH REPORT

【特許請求の範囲】

【請求項1】 空間的に互いに異なる位置に配置され、運転者の顔面を不可視光により照射する複数の照明と、該複数の照明の1つの光源と光軸を一致させて設けられ、前記運転者の眼球からの反射像を撮像する撮像装置を備えて各照明毎の画像データを得る画像入力手段と、前記画像データから網膜反射像を抽出して瞳孔中心を算出するとともに、角膜反射像を抽出する瞳孔および角膜反射像抽出手段と、前記算出された瞳孔中心と前記撮像装置の焦点位置とを通る瞳孔直線を算出する瞳孔直線算出手段と、前記抽出された角膜反射像と撮像装置の焦点位置とを通る角膜反射像直線を算出する角膜反射像直線算出手段と、前記撮像装置から運転者の顔面までの距離を求める奥行き情報抽出手段と、前記角膜反射像直線算出手段で求めた角膜反射像直線と奥行き情報抽出手段で求めた撮像装置から顔面までの距離とから角膜球の中心位置を算出する角膜球中心算出手段と、前記瞳孔直線と角膜球の中心位置とから運転者の視線方向を算出する視線方向算出手段とを有することを特徴とする車両用視線方向計測装置。

【請求項2】 前記奥行き情報抽出手段が、前記画像入力手段の撮像装置の近傍に設置された距離センサであることを特徴とする請求項1記載の車両用視線方向計測装置。

【請求項3】 前記奥行き情報抽出手段が、前記瞳孔および角膜反射像抽出手段で算出された両眼の瞳孔中心間の間隔を基に前記撮像装置から運転者の顔面までの距離を算出するものであることを特徴とする請求項1記載の車両用視線方向計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、車両運転者の視線方向を計測する車両用視線方向計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 車両運転者の視線方向を計測する装置は、車両用の非接触ヒューマンマシンインタフェースとして、例えば車両運転者の注目している方向に視覚情報を表示するとか、視線方向に応じて、例えばオーディオコントローラ、エアコンコントローラ、ラジオコントローラ、変速走行装置コントローラ等を選択して制御するための特定のスイッチを動作させるなど種々の利用が提案されている。このような車両用非接触ヒューマンマシンインタフェースを構成するために必要な車両用視線方向計測装置は、従来一般に、眼球の角膜反射像の位置を画像情報として取り入れて計測する装置が提案されている。この角膜反射像は眼球への照射光が眼球を構成する光学系の各面で反射屈折することによって生じる像であり、プルキンエ像とも呼ばれている。

【0003】 このような従来の視線方向計測装置としては、例えば、特開平2-134130号公報に開示され

ているようなものがある。これは、光源と共軸系をなすカメラによって人間の角膜反射像を写し、光源の反射光の座標とカメラの座標を結んで角膜球の中心を通る直線の式を求めるとともに、同時に瞳孔の中心座標を求めるという作業を、互いに離隔して設けられた2台のカメラによって行い、各々のカメラと光源によって得た2本の直線の交点として角膜球の中心座標を求め、角膜球の中心座標と瞳孔の中心座標とを結ぶ直線を視線方向とするものである。

10 【0004】 また、他の例として特開平6-261863号公報に開示されているような、カメラを1台として低価格化を図ったものがある。この装置では、互いに離隔して設けられた2個の照明を極めて短い時間間隔で交互に点灯し、それぞれの照明の点灯に対して撮影した2枚の画像ペアより、網膜反射像の座標値と角膜反射像の座標値を算出して視線方向を得るようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような従来の視線方向計測装置のうち、特開平2-134130号公報に開示されたものにおいては、視線方向を検出するために2台のカメラを必要とするため、車両用としては装置が高価になるという問題があった。また、特開平6-261863号公報に開示された従来例においては、2台のカメラを必要とする問題点は解決されているが、角膜球中心を算出する際の演算が複雑になり、演算時間がかかるため、実時間処理を考えると、処理の高速化が望まれるという問題があった。本発明は、このような従来の問題点に着目してなされたものであり、角膜球中心を算出する際の演算量を低減して、より高速に演算することのできる車両用視線方向計測装置を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】 このため本発明は、図1に示すように、空間的に互いに異なる位置に配置され、運転者の顔面を不可視光により照射する複数の照明2と、該複数の照明の1つの光源と光軸を一致させて設けられ、運転者の眼球からの反射像を撮像する撮像装置3を備えて各照明毎の画像データを得る画像入力手段1と、画像データから網膜反射像を抽出して瞳孔中心を算出するとともに、角膜反射像を抽出する瞳孔および角膜反射像抽出手段4と、算出された瞳孔中心と撮像装置の焦点位置とを通る瞳孔直線を算出する瞳孔直線算出手段5と、上記抽出された角膜反射像と撮像装置の焦点位置とを通る角膜反射像直線を算出する角膜反射像直線算出手段6と、撮像装置から運転者の顔面までの距離を求める奥行き情報抽出手段7と、角膜反射像直線算出手段6で求めた角膜反射像直線と奥行き情報抽出手段7で求めた撮像装置から顔面までの距離とから角膜球の中心位置を算出する角膜球中心算出手段8と、前記瞳孔直線と角膜球の中心位置とから運転者の視線方向を算出する視線

方向算出手段9とを有するものとした。

【0007】上記の奥行き情報抽出手段は、画像入力手段の撮像装置の近傍に設置された距離センサとすることができ、あるいは、瞳孔および角膜反射像抽出手段で算出された両眼の瞳孔中心間の間隔を基に、撮像装置から運転者の顔面までの距離を算出するものでもよい。

【0008】

【作用】画像入力手段1で各照明毎に運転者の眼球からの反射像が撮像されて画像データが得られる。瞳孔および角膜反射像抽出手段4では、この画像データから網膜反射像を抽出してその重心を算出して瞳孔中心とし、またその近傍において角膜反射像を抽出する。瞳孔直線算出手段5では、瞳孔中心の位置と撮像装置の焦点位置とを通る瞳孔直線を直線式として求め、また、角膜反射像直線算出手段6では、角膜反射像の位置と撮像装置の焦点位置とを通る角膜反射像直線を直線式として求める。そして、角膜球中心算出手段8において、角膜反射像直線上、奥行き情報抽出手段7で求めた撮像装置から顔面までの距離の点に角膜球の中心位置を求める。視線方向算出手段9では、この角膜球の中心位置と前記の瞳孔直線を基に、眼球の既知の角膜球半径を用いて視線方向を算出する。

【0009】

【実施例】以下、本発明を図面に基づいて説明する。図2は車両の視線スイッチに適用した本発明の実施例の構成を示すブロック図である。車両の運転者の顔面に向けてその眼球部を撮影する撮像装置としてのカメラ24が設けられるとともに、第1、第2の発散照明22、23が設けられる。カメラ24はその撮像素子としてCCDを備えている。第1の発散照明22は、カメラ24と光軸を一致させて共軸系に配置され、人間に不可視な近赤外光により運転者の顔面を照明する。第2の発散照明23は、第1の発散照明22から離間して相対関係が既知の所定の位置に、カメラ24と非共軸系に配置され、同様に人間に不可視な近赤外光により運転者の顔面を照明する。

【0010】第1の発散照明22および第2の発散照明23は照明発光制御部25に接続されている。この照明発光制御部25は、装置全体の動作を制御する全体制御部26からの信号に基づいて制御動作を行うようになっている。カメラ24は、撮影した画像データをデジタルデータに変換するA/D変換器27を経て、画像データを格納する画像メモリ28に接続されている。

【0011】画像メモリ28には、入力画像データから網膜反射像領域を抽出する網膜反射像抽出部30と、抽出された網膜反射像領域の重心を算出して瞳孔中心を算出する瞳孔中心算出部31とが順次に接続されている。ここで、瞳孔中心とは、画像上での網膜反射像の重心位置を表す。したがって、その座標は画像上で2次元で表示される。

【0012】瞳孔中心算出部31には、算出された瞳孔中心と、カメラ24のレンズ焦点位置とを通る直線（以下、瞳孔直線と称する）を算出する瞳孔直線算出部33と、瞳孔中心近傍に設定された領域を探索して角膜反射像を抽出する角膜反射像抽出部32とが接続されている。また、角膜反射像抽出部32には、抽出された角膜反射像とカメラ24のレンズ焦点位置とを通る直線（以下、角膜反射像直線と称する）を算出する角膜反射像直線算出部34が接続されている。

10 【0013】全体制御部26に接続されて、距離センサ35が設けられ、全体制御部26からの計測開始信号を受けてカメラ24から運転者21の顔面までの距離を計測し、角膜中心算出部36に出力する。角膜中心算出部36は、角膜反射像直線算出部34とも接続され、角膜反射像直線算出部34で算出された角膜反射像直線と距離センサ35で計測したカメラ24から運転者顔面までの距離とから、角膜球の中心位置を算出する。

20 【0014】瞳孔直線算出部33と角膜球中心算出部36とは、視線方向算出部37に接続されている。視線方向算出部37は、角膜中心算出部36により得られた角膜球中心の3次元位置と、瞳孔直線算出部33による瞳孔直線に基づく虹彩中心の位置とから、運転者の視線方向を算出するようになっている。ここで、虹彩中心は、3次元空間上での瞳孔の中心位置を表す。したがって、その座標は実空間上の3次元で表され、画像上の瞳孔中心とは区別される。

30 【0015】視線方向算出部37には、停留判断部39が接続され、フロントウィンドシールド上に設定された視線スイッチエリア38内での視線の停留位置を判断して、コントローラ切り替え部40への制御情報を出力する。コントローラ切り替え部40は、停留判断部39の出力に基づき、オーディオコントローラ41、エアコンコントローラ42、ラジオコントローラ43およびASCD（定速走行装置）コントローラ44のいずれかを制御する信号を出力する。

40 【0016】HUD（ヘッドアップディスプレイ）表示制御部45は、コントローラ切り替え部40を通して出力される各コントローラ41～44の信号に基づき、HUD表示部46にHUD表示を行なう。また、ステアリングハンドルにはコントローラ切り替え部40と接続されたステアリングスイッチ47が設置されている。メインスイッチ48が上述した装置全体のON・OFFを司っている。

50 【0017】図3の（a）は上記実施例装置のレイアウトを示す。ステアリングハンドル49にメインスイッチ48およびステアリングスイッチ47が配置されている。カメラ24が車室内計器盤上、ステアリングハンドルの一方の側に設置される。そして、このカメラ24の光軸と照射方向を一致させた共軸系の第1の発散照明22が設けられ、ステアリングハンドルを挟んで反対側に

非共軸系の第2の発散照明23が配置されている。

【0018】運転者正面のウィンドシールド50には、視線スイッチエリア38およびHUD表示部46が設定されている。さらに、計器盤の運転者正面にはカメラ24から運転者21の顔面までの距離を計測する距離センサ35が配置されている。距離センサ35には、超音波型センサやPSD (Position Sensitive Device) など適宜の計測手段が用いられる。視線スイッチエリア38には、図3の(b)に示すように、コントローラ切り替え部40を介して制御される制御項目名が表示される。ステアリングスイッチ47とメインスイッチ48は同図の(c)に示すように、ステアリングパッド部に配置されている。

【0019】ここで、本実施例による視線検出の原理について図4および図5を用いて説明する。図4は、眼球を外部から照射したときの状態を示したものである。カメラCで眼球を撮像すると、角膜表面での正反射光が捕捉され輝点として角膜反射像が観測される。カメラCと非共軸の光源L2 (第2の発散照明23に相当) で照明したときには、角膜を構成する球 (中心をOとする角膜球) 上の点Pで正反射が発生し、点Rに虚像の角膜反射像が発生する。また、特に光源がカメラと共軸系に配置されている場合 (第1の発散照明22に相当) は、これらの点はP'、R'、Oのように同一線上に乗る。

【0020】すなわち、本実施例においては、共軸系に配置した第1の発散照明22を伴ったカメラ24で眼球を観測すると、角膜反射像位置とカメラ24の焦点位置とを結ぶ角膜反射像直線上に角膜球中心0が存在することになる。角膜反射像直線算出部34は、この角膜反射像位置とカメラ24の焦点を結ぶ角膜反射像直線を算出するものである。

【0021】一方、距離センサ35では、カメラ24から運転者21の顔面までの距離を計測する。眼球は顔の表面にあるから、カメラ24から運転者21の顔面までの距離を例えば1m程度とすると、カメラ24から角膜球中心0までの距離はカメラ24から運転者21の顔面までの距離とほぼ等しく、その差は無視できる。すなわち、カメラ24から角膜球中心0までの距離は、距離センサ35により計測できる。

【0022】したがって、図5に示すように、距離センサ35により計測したカメラ24から運転者21の顔面までの距離の等距離面と、角膜反射像直線算出部34により算出した、角膜反射像位置とカメラ24の焦点位置を結ぶ角膜反射像直線との交点が角膜球中心となる。角膜球中心算出部36は、このようにして角膜球中心0を決定する。

【0023】また、上記共軸系で眼球を観測すると、瞳孔を通過した光束が網膜上で反射して入射方向に戻り、瞳孔から出射してカメラ24に達し、瞳孔領域が明るく観察される。これは、一般にカメラで人間の顔をストロ

ボ撮影したとき、瞳孔が赤く光る赤目現象として知られたものであり、こうして生じる像を網膜反射像と呼んでいる。網膜反射像は、一般に楕円形状に観測され、その重心位置は瞳孔中心と一致すると考えられる。すなわち、カメラ24上の網膜反射像の重心位置とカメラ24の焦点を結ぶ瞳孔直線上に虹彩中心Qが存在することになる。

【0024】瞳孔直線算出部33は、このカメラ24上の網膜反射像の重心すなわち瞳孔中心とカメラ24の焦点を結ぶ瞳孔直線を算出する。角膜球中心0と虹彩中心 (水晶体前面) の距離は約4.2mmであるので、上述のように決定した角膜球中心0を中心とする半径4.2mmの球面と、瞳孔直線算出部33で算出した瞳孔直線との交点を求めれば、虹彩中心Qの3次元位置が求められ、角膜球中心0と虹彩中心Qとを結べば視線方向が算出される。視線方向算出部37は、この虹彩中心Qの決定および視線方向の算出を行う。

【0025】次に、本実施例装置の作用を、エアコンの設定温度を変更する場合を例に制御動作を示す図6～図8のフローチャートに基づいて説明する。車両運転者21がエアコンを操作したいと考えたときには、視線スイッチエリア38のエアコン領域 (図3の(b)中のA/C領域) を注視する。同時に運転者21はステアリングハンドル49のメインスイッチ48を押す。これにより、装置が動作を開始し、車両の運転者21の注目している方向の計測が行われる。

【0026】すなわちまずステップ201で、全体制御部26から計測開始信号が出力される。ステップ202では、この信号に基づき照明発光制御部25からトリガ信号が発せられて、第1の発散照明が点灯され、車両運転者21の顔面が照明される。ステップ203において、この照明された運転者21の顔面領域の画像がカメラ24によって撮像され、画像情報がA/D変換器27によりA/D変換されて、デジタルの画像データI1 (x, y) として、画像メモリ28に格納される。

【0027】ステップ204では、照明発光制御部25からのトリガ信号によって、第1の発散照明に代わって第2の発散照明23が点灯され、車両運転者21の顔面が照明される。ステップ205において、この照明された運転者21の顔面領域の画像がカメラ24によって撮像され、ステップ203と同様に画像情報が、A/D変換器27によりA/D変換されて、デジタルの画像データI2 (x, y) として、画像メモリ28に格納される。上記のステップ202～205が、発明の画像入力手段を構成している。

【0028】ステップ206では、全体制御部26から距離計測開始信号が出力される。そして、ステップ207では、この信号に基づき距離センサ35において、カメラ24から運転者21の顔面までの距離である奥行き距離が計測される。上記のステップ206、207が発

明の奥行き情報抽出手段を構成している。

【0029】ステップ208では、画像データI1 (x, y) と画像データI2 (x, y) の差分処理を行い、画像データI3 (x, y) を作成する。なお、差分処理時に負となったデータは0とする。このあとステップ209では、画像データI3 (x, y) を、予め設定したしきい値Th1 (Th1>0) と比較し、しきい値以上をFF、しきい値未満を0 (画像メモリ28が8ビットの場合) として2値化し、ノイズを除去した画像データI4 (x, y) を演算する。

【0030】ステップ210では、抽出された各領域の画像データI4 (x, y) に番号付けを行うラベリング処理が施される。これは画像処理では汎用的に用いられるものであり、説明は省略する。ステップ211では、ラベリング処理後の各領域の面積を計算する。そして、画像メモリ28中に各領域毎の面積を記憶したテーブルを作成する。ステップ212では、各領域の面積のうち最大のものについて外接四角形を求め、その縦、横の辺の長さを計算する。

$$X_{gi} = \sum_{\text{領域}i} x / \text{領域}i \text{の面積} \rightarrow \text{第}i\text{番目の領域の重心}x\text{座標}$$

$$Y_{gi} = \sum_{\text{領域}i} y / \text{領域}i \text{の面積} \rightarrow \text{第}i\text{番目の領域の重心}y\text{座標}$$

このあと、ステップ216で、瞳孔直線算出部33において、瞳孔中心位置とカメラ24の焦点位置を通る瞳孔直線を算出する。

【0033】ステップ217では、瞳孔中心位置の候補の近傍に、輝点位置を探索するための領域を設定する。探索領域は、瞳孔中心位置を中心に設定するものとする。すなわち、図9に示すように、p画素×q画素領域を設定する。なお、このp、qは予め設定しておく。ステップ218で、p×q領域内の最高輝点の抽出を行う。これを角膜反射像として、その座標を(x1, y1)とする。以上のステップ217～218は角膜反射像抽出部32において処理される。ステップ219では、角膜反射像直線算出部34において、上に抽出した角膜反射像とカメラ24の焦点位置を通る角膜反射像直線を算出する。上記のステップ208～215、およびステップ217、218が発明の瞳孔および角膜反射像抽出手段を構成し、ステップ216が瞳孔直線算出手段を、ステップ219が角膜反射像直線算出手段をそれぞれ構成している。

【0034】ステップ220では、角膜中心算出部36において、ステップ207で求めたカメラ24から運転者21の顔面までの奥行き距離と、ステップ219で求めた角膜反射像直線により角膜球中心の3次元座標を算出する。次いで、ステップ221において、虹彩中心の3次元座標を算出する。ステップ222では、ステップ220で求めた角膜球中心の座標とステップ221で求

【0031】そしてステップ213において、上記の外接四角形が予め設定されたm×nの領域内に入っているか否かをチェックする。これは、

外接四角形の横の辺の長さ<m

外接四角形の縦の辺の長さ<n

を同時に満足することを意味する。外接四角形がm×n領域内にあるときは、ステップ215へ進み、m×n領域よりも対象領域が大きい場合には、ステップ214へ進む。ステップ214では、対象とした領域の面積を0としてステップ212へ戻り、次に面積の大きい領域について、再度比較を行う。以上のステップ208～214は網膜反射像抽出部30で行なわれる。

【0032】ステップ215では、瞳孔中心算出部31において、上記外接四角形がm×n領域に収まる最大の領域を網膜反射像として、その重心位置を演算する。演算は下記の式により当該領域の重心座標(Xgi, Ygi)を求めることにより行なわれる。

【数1】

めた虹彩中心の座標から、運転者21の視線方向を算出する。以上のステップ221～222は、視線方向算出部37において処理される。上記のステップ220が発明の角膜球中心算出手段を構成し、ステップ221、222が視線方向算出手段を構成している。

【0035】以上の視線方向の計測が繰り返されて、刻々視線方向算出部37から視線方向の算出結果が出力されると、ステップ223では、停留判断部39において、その視線方向への停留時間を算出する。そして、ステップ224において、停留時間が所定値(例えば3秒)以上となっているか否かをチェックする。視線方向が一定箇所に停留していればステップ225へ進み、停留していなければステップ202へ戻る。

【0036】ステップ225では、運転者21の希望する対象物の制御を行う。これは、コントローラ切り換え部40において、停留判断部39から例えば視線方向が視線スイッチエリア38のエアコン領域に所定時間停留している旨の出力を受けると、運転者21がエアコンのコントロールを希望しているものとして、エアコンコントローラ42のコントロールに制御を切り換える。

【0037】本実施例は以上のように構成され、視線方向を算出するに必要な角膜球中心の3次元位置を求めるのに、予め計測したカメラから運転者までの奥行き距離と、角膜反射像とカメラの焦点位置を通る角膜反射像直線とから算出するものとし、これと虹彩中心とから視線方向を算出するようにしたので、演算量としたがって演

算時間が大幅に短縮され、処理が大幅に高速化されるという効果を有する。

【0038】そして、環境照度が低くてカメラの絞りを開けないと撮像ができず、そのため被写界深度が確保できないような条件下でも、距離センサによって運転者までの距離が分かるからこれをオートフォーカス機構の制御に用いることができる。これにより、角膜反射像や網膜反射像など視線方向計測に必要な特徴点が確実に撮像でき、高精度で信頼性の高い計測が行なわれる。

【0039】図10は本発明の第2の実施例の構成を示すブロック図である。本実施例は、距離センサによる奥行き距離計測の代わりに、両眼の2つの瞳孔中心間の距離を利用して演算によって、カメラから運転者（顔面）までの距離を計測するようにしたものである。前実施例と同じく、運転者の顔面に向けてその眼球部を撮影するカメラ24が設けられるとともに、第1、第2の発散照明22、23が設けられる。第1の発散照明22は、カメラ24と共軸系に配置され、人間に不可視な近赤外光を照射する光源により運転者の顔面に向けて発散照明を行なう。第2の発散照明23は、第1の発散照明22から離間して相対関係が既知の所定の位置に、カメラ24と非共軸系に配置され、同様に人間に不可視な近赤外光により運転者の顔面を照明する。

【0040】カメラ24はA/D変換器27を経て画像メモリ28に接続されている。画像メモリ28には網膜反射像抽出部80が接続され、これに瞳孔中心算出部81および角膜反射像抽出部32が接続されている。本実施例では瞳孔中心算出部81と角膜中心算出部36の間に、奥行き情報計測部85が接続されている。

【0041】網膜反射像抽出部80はカメラ24で撮像した入力画像データから運転者の両眼の一方および他方にそれぞれ対応する第1網膜反射像領域および第2網膜反射像領域を抽出する。瞳孔中心算出部81は、第1、第2網膜反射像領域の重心を算出して、第1瞳孔中心および第2瞳孔中心を算出する。角膜反射像抽出部32は、第1、第2網膜反射像領域のうち所定のいずれか一方、ここでは第1網膜反射像領域の近傍を探索して角膜反射像を抽出する。

【0042】瞳孔中心算出部81には、第1瞳孔中心とカメラ24のレンズ焦点位置とを通る瞳孔直線を算出する瞳孔直線算出部33が接続されている。また、角膜反

$$\alpha \text{ (ドット)} : \beta \text{ (ドット)} = Y \text{ (mm)} : 62 \text{ (mm)} \quad \cdots (1)$$

また、カメラのレンズに焦点距離50mmのものを使用したとき、図11に示すように、CCD面24aの撮像

$$Y \text{ (mm)} : X \text{ (mm)} = 8.8 \text{ (mm)} : 50 \text{ (mm)} \quad \cdots (2)$$

したがって、運転者顔面の方向が被写体面に垂直な場合は、式(1)、(2)よりカメラ24から運転者までの距離Xが計算できる。

【0047】画像中の視線がどちらを向いているかを検出することは、顔面像中の目だけから判定することは難

射像抽出部82には、角膜反射像とカメラ24のレンズ焦点位置とを通る角膜反射像直線を算出する角膜反射像直線算出部34が接続されている。奥行き情報計測部85は、第1瞳孔中心と第2瞳孔中心との距離を基にカメラ74から運転者21までの距離を算出する。

【0043】角膜中心算出部36には、角膜反射像直線算出部34と奥行き情報計測部85とが接続されており、角膜反射像直線とカメラ24から運転者21までの距離とにより角膜球中心を算出する。瞳孔直線算出部33と角膜中心算出部86とは視線方向算出部37に接続され、ここで瞳孔直線と角膜球中心位置より虹彩中心の3次元位置を算出し、虹彩中心の位置と角膜球中心の位置から運転者21の視線方向を算出する。その他の構成は第1の実施例と同じである。

【0044】次に、本実施例における距離計測の原理について説明する。人間の両眼球の瞳孔中心間距離の平均は、18才以上の成人では、男性63mm、女性61mmといわれている（萩原朗、日本眼科全書7-4眼機能の2、pp270~272、金原出版）。したがって、両眼ともカメラ24の撮影画面内にあり、かつ両眼の網膜反射像領域が抽出でき、その各領域の重心間距離が計算できれば、撮影時の画角から、カメラ24から運転者までの距離を計算により求めることができる。

【0045】図11、図12を用いて、計算手順を説明する。図11に示すように、運転者がカメラ24の前方約1mの距離に在るとし、その運転者の眼球が90%アイレンジに存在するものとして、計測対象となる領域をカメラ焦点位置Fから920mm~1080mmの範囲とする。まず、運転者顔面の方向が被写体面に垂直な場合について述べる。図12に示すように、画面内にある2つの瞳孔領域とその重心位置が求められたとすると、両眼の瞳孔中心間隔の画面上の長さβドット（画素）が求められる。一方、図11のように、運転者が90%アイレンジ内のカメラ焦点位置からXmmの位置に在るとして、その位置で撮影されている全体の長さをYmmとすると、この長さは図12に示すように、画面全体の長さαドットに相当する。

【0046】したがって、図12の画面上で、画面全体の長さαに対する瞳孔中心間隔の長さβは容易に求められるから、瞳孔中心間隔を62mmとすると、

素子サイズと焦点距離fの関係から、撮像素子サイズを8.8mmとすると

しく、顔の向きの情報が必要となる。すなわち、運転者顔面の方向は上下左右に回転する。このうち、上下方向については、本実施例の計測原理にあつては大きな計測誤差は発生しない。しかし、左右方向については顔面の回転角を算出し、カメラ24から運転者までの距離を補

正する必要がある。顔の回転角の計測方法については、例えば「斜めに構えた顔の画像からの視線感知法」(青山他、情報処理学会第37回全国大会、1988年)の方法を用いればよい。

$$\alpha \text{ (ドット)} : \beta \text{ (ドット)} = Y \text{ (mm)} : 62 \times \cos \theta \text{ (mm)} \quad \dots (3)$$

したがって、予め顔面の回転角 θ を求めれば、(式2)、(式3)により、カメラ24から運転者までの距離 X (mm)は運転者顔面の上下左右の回転方向によらず容易に計算できる。

【0049】次に、本実施例の制御動作を図13～図16のフローチャートにより説明する。ステップ301～ステップ305は第1の実施例の図6のフローチャートのステップ201～ステップ205と同じである。ステップ305のあと、ステップ306で画像データI1 (x, y)と画像データI2 (x, y)の差分処理を行い、画像データI3 (x, y)を作成する。この間、ステップ206～207に相当するステップが無いが、これは後述するように、カメラから運転者までの距離を後行程で画像処理によって得ているためである。上記ステップ306からステップ312までは、図6、図7のフローチャートにおけるステップ208～ステップ214と同じである。これによって、運転者の一方の眼についての網膜反射像領域(第1網膜反射像領域)が抽出される。

【0050】ステップ313において、瞳孔中心算出部81で、この一方の瞳孔について、第1瞳孔領域の重心(瞳孔中心)の算出を行う。ここでの処理内容は、図7のフローチャートにおけるステップ215と同じである。ステップ314では、ステップ313で得た第1瞳孔中心位置を基にして、瞳孔直線算出部83において、第1瞳孔中心位置とカメラ24の焦点位置を通る第1瞳孔領域の瞳孔直線(第1瞳孔直線)を算出する。

【0051】ステップ315では、他方の眼について、第2網膜反射像探索領域の設定を行う。ここでの探索領域の設定は、図17に示すように、第1瞳孔の重心位置G1より、画像上で左右両側に所定値Lだけ離れた位置から、 $r \times s$ の領域を設定して行なう。なお、L、s、rの大きさは、予め設定しておく。また、探索領域設定は、画面内で行うため、図21の第1瞳孔重心の位置より左側の領域のように、探索領域設定の結果、画面外となり、r画素を確保できない場合には、 $r' \times s$ 画素、(ただし、 $r' < r$)を探索領域とする。

【0052】ステップ316では、ステップ309において作成され画像メモリ28に記憶されているテーブル上で、第1瞳孔領域の面積を0とする。これにより、以降第2瞳孔領域の重心算出となる。ステップ317では、前記 $r \times s$ 領域中に含まれる最大の領域の面積について外接四角形を求め、その縦横の辺の長さを算出する。ステップ318では、外接四角形が $m \times n$ 領域内に

【0048】すなわち、顔面の被写体面から垂直な方向からの回転角を θ とすると、式(1)の数値62を $62 \times \cos \theta$ に置き換えた式(3)が得られる。

入っているか否かをチェックし、領域内であればステップ320へ進み、領域内でないときはステップ319へ進む。

10 【0053】ステップ319では、対象とした領域の面積を0としてステップ317へ戻り、次に面積の大きい領域について、再度比較処理を行う。以上のステップ315～319は網膜反射像抽出部80において行われる。ステップ320では、瞳孔中心算出部81において第2瞳孔領域の重心(第2瞳孔中心)の算出を行う。

【0054】このあと、ステップ321で、運転者顔面の左右端点を算出し、ステップ322で、運転者顔面の回転角 θ を算出する。運転者顔面の左右端点の算出ならびにその顔面の回転角 θ の算出方法については、例えば「斜めに構えた顔の画像からの視線感知法」(青山他、情報処理学会第37回全国大会、1988年)により知られているので説明を省略する。ステップ323では、前述の式(2)および式(3)を用いて、カメラ24から運転者21までの距離を算出する。以上のステップ321～323は、奥行き情報計測部85において行われる。

【0055】続いて、ステップ324では、第1、第2網膜反射像領域のうち所定のいずれか一方、例えば第1網膜反射像領域近傍に角膜反射像探索のための $p \times q$ 領域を設定する。このステップ以降ステップ332までの各ステップは、第1の実施例のフローチャートにおける図8のステップ217～ステップ225と同じである。ステップ302～305が、発明の画像入力手段を構成している。また、上記のステップ306～313、およびステップ315～320、324、325が発明の瞳孔および角膜反射像抽出手段を構成し、ステップ314が瞳孔直線算出手段を、ステップ326が角膜反射像直線算出手段をそれぞれ構成している。そして、ステップ321～323が奥行き情報抽出手段を、ステップ327が角膜球中心算出手段を、ステップ328、329が視線方向算出手段を構成している。

【0056】本実施例は以上のように構成され、カメラから運転者までの奥行き距離を角膜球中心の算出に用いるので、第1の実施例と同様に、演算処理が大幅に高速化され、また、高精度で信頼性の高い計測が行なわれるという効果を有する。さらに本実施例では、上記奥行き距離を画面上から求めた瞳孔中心間隔の長さに基づいて算出するようにしたので、車室内に距離センサなどを設置する必要がないという利点を有する。この際にも上記奥行き距離の算出は極めて簡単な計算によるから、演算

処理の速度に何等影響を与えない。

【0057】

【発明の効果】以上のとおり、本発明は、画像データから網膜反射像を抽出して瞳孔中心を算出するとともに角膜反射像を抽出し、撮像装置の焦点位置と瞳孔中心とを通る瞳孔直線、ならびに同じく撮像装置の焦点位置と角膜反射像とを通る角膜反射像直線を算出する一方、撮像装置から運転者の顔面までの距離を求める奥行き情報抽出手段を有して、角膜反射像直線と顔面までの奥行き距離から角膜球の中心位置を算出して、この角膜球の中心位置と先の瞳孔直線とから運転者の視線方向を算出するようにしたので、角膜球中心の3次元位置を求める際の演算量が大幅に低減され、これにより、処理が大幅に高速化されるという効果を有する。

【0058】そして、奥行き情報抽出手段として距離センサを用いる場合には、瞳孔中心や角膜反射像を求める処理と並行して運転者の顔面までの距離を求めることができるから、とくに高速の演算処理ができる。また、両眼の2つの瞳孔中心間の距離を利用して演算することにより、演算処理の速度にほとんど影響を与えないで、カメラから運転者（顔面）までの奥行き距離が求められ、独立の距離センサを省くことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】発明の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明を車両の視線スイッチに適用した第1の実施例の構成を示すブロック図である。

【図3】実施例装置のレイアウトを示す図である。

【図4】眼球を外部から照射したときの反射像の生成状態を示す説明図である。

【図5】眼球の構成をモデル化した図である。

【図6】実施例の制御動作を示すフローチャートである。

【図7】実施例の制御動作を示すフローチャートである。

【図8】実施例の制御動作を示すフローチャートである。

【図9】角膜反射像の探索領域を示す説明図である。

【図10】本発明の第2の実施例の構成を示すブロック図である。

【図11】瞳孔中心間距離を用いた奥行き距離計測の原理を説明する図である。

【図12】画像中に撮影される瞳孔中心間隔の画面全体に対する割合を説明する図である。

【図13】第2の実施例の制御動作を示すフローチャートである。

【図14】第2の実施例の制御動作を示すフローチャートである。

【図15】第2の実施例の制御動作を示すフローチャートである。

トである。

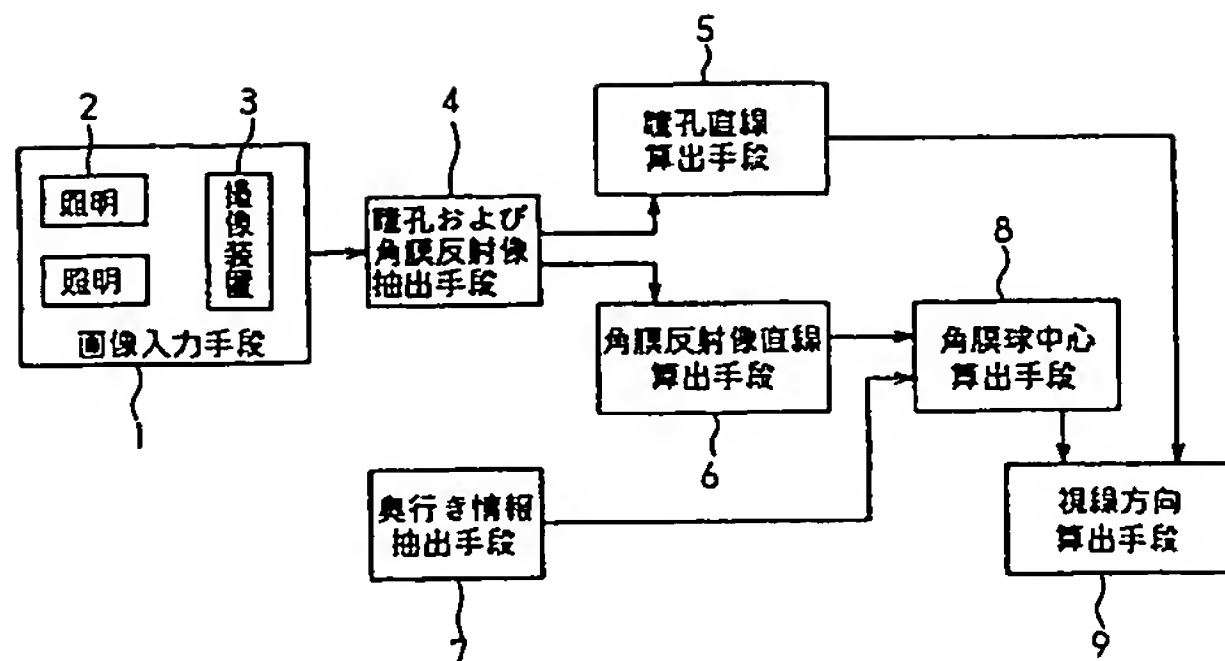
【図16】第2の実施例の制御動作を示すフローチャートである。

【図17】第2網膜反射像探索領域の設定要領を示す説明図である。

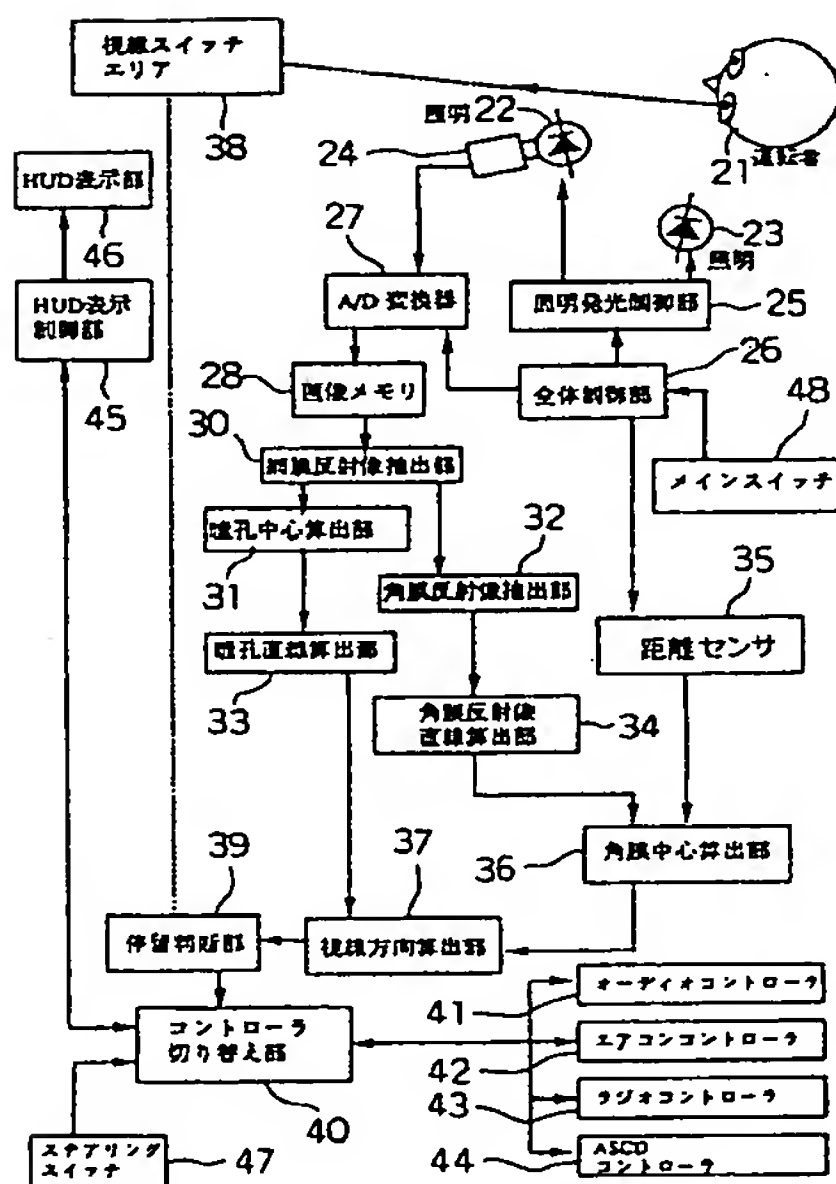
【符号の説明】

1	画像入力手段
2	照明
3	撮像装置
10 4	角膜反射像抽出手段
5	瞳孔直線算出手段
6	角膜反射像直線算出手段
7	奥行き情報抽出手段
8	角膜球中心算出手段
9	視線方向算出手段
21	運転者
22	第1の発散照明
23	第2の発散照明
24	カメラ
20 25	照明発光制御部
26	全体制御部
27	A/D変換器
28	画像メモリ
30	網膜反射像抽出部
31	瞳孔中心算出部
32	角膜反射像抽出部
33	瞳孔直線算出部
34	角膜反射像直線算出部
35	距離センサ
30 36	角膜中心算出部
37	視線方向算出部
38	視線スイッチエリア
39	停留判断部
40	コントローラ切り替え部
41	オーディオコントローラ
42	エアコンコントローラ
43	ラジオコントローラ
44	ASCD（定速走行装置）コントローラ
45	HUD表示制御部
40 46	HUD表示部
47	ステアリングスイッチ
48	メインスイッチ
49	ステアリングハンドル
50	ウィンドシールド
80	網膜反射像抽出部
81	瞳孔中心算出部
85	奥行き情報計測部

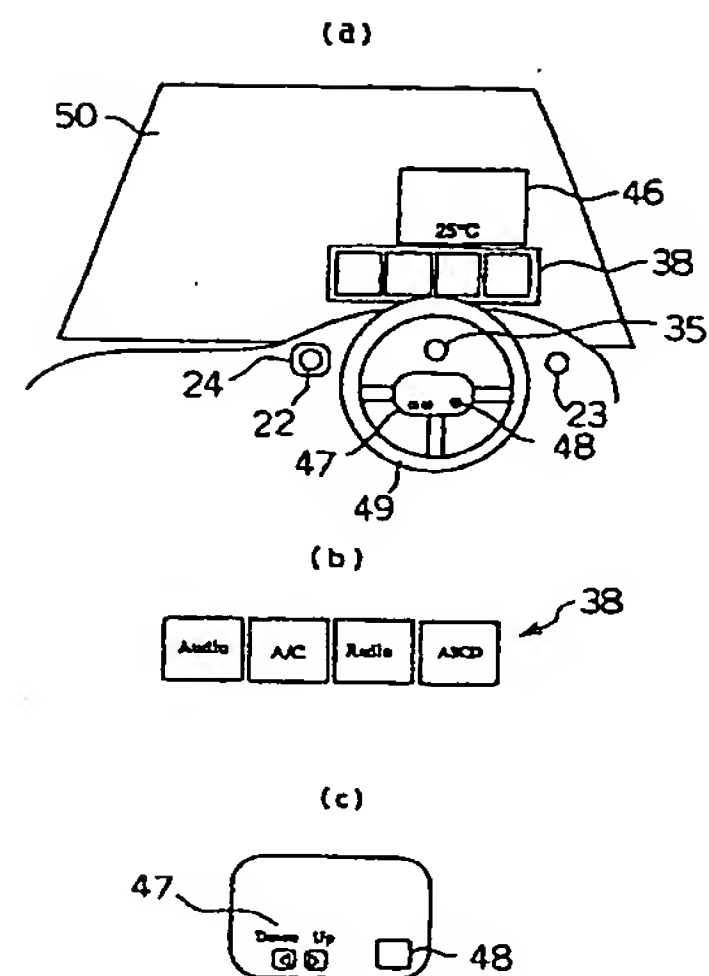
【図1】



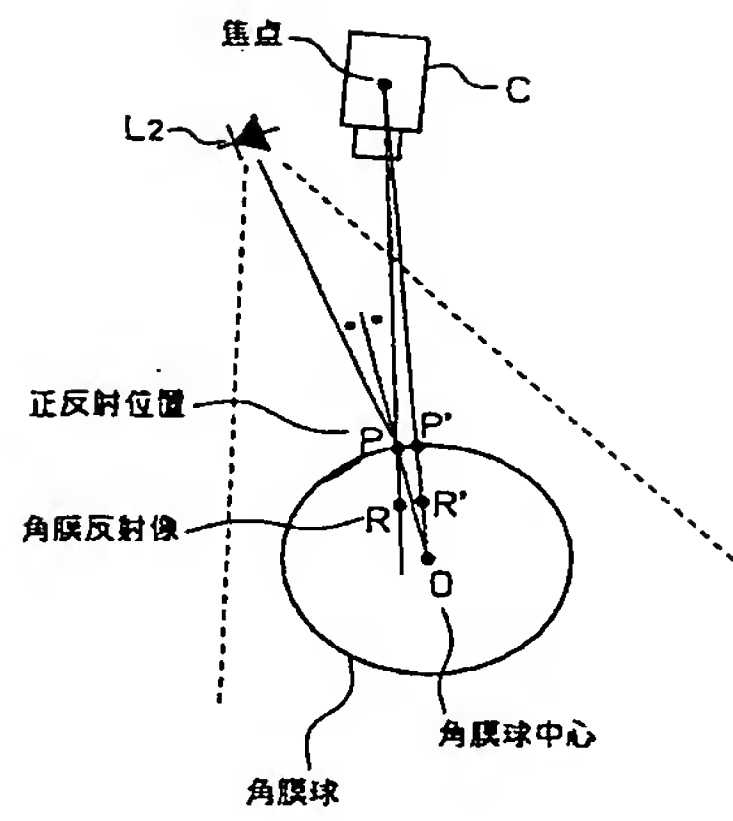
【図2】



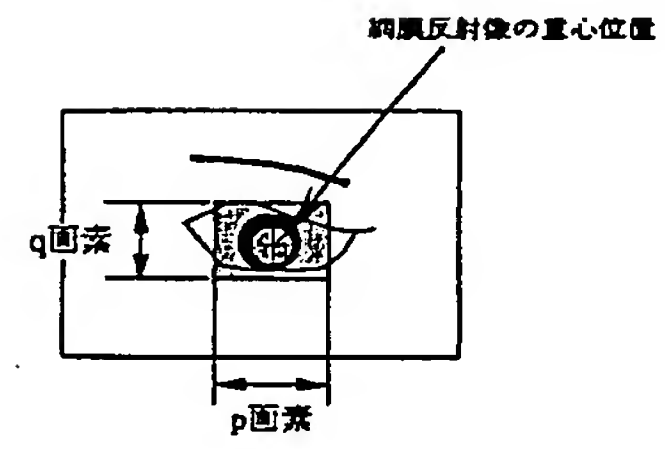
【図3】



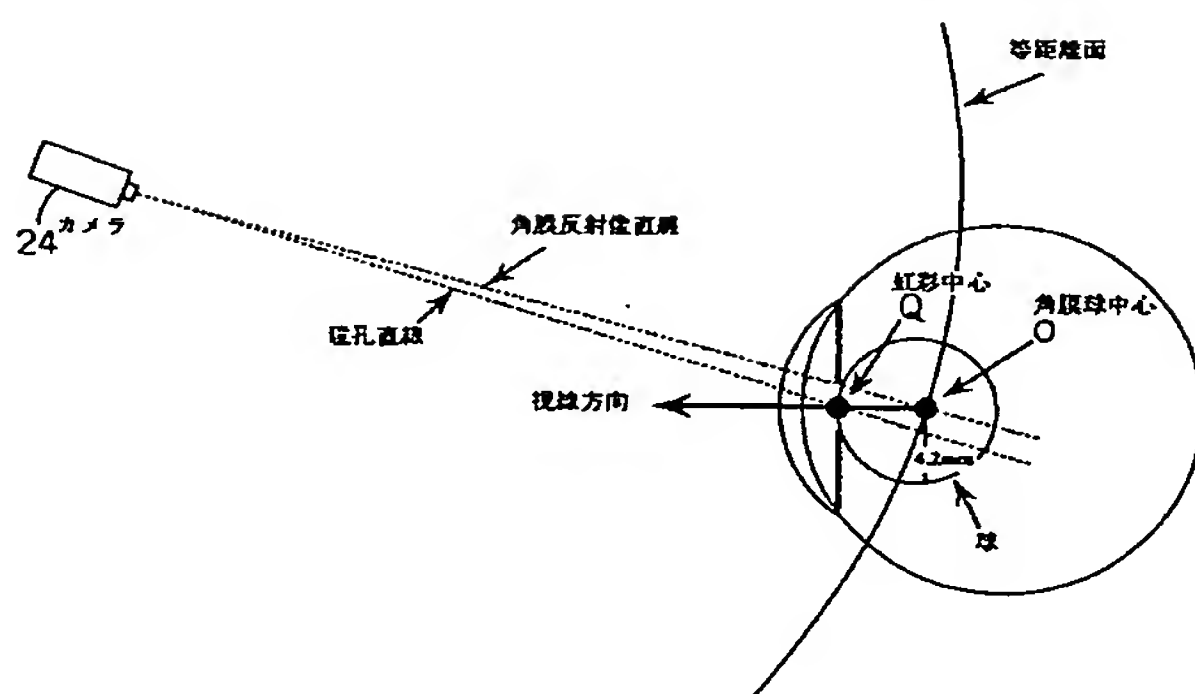
【図4】



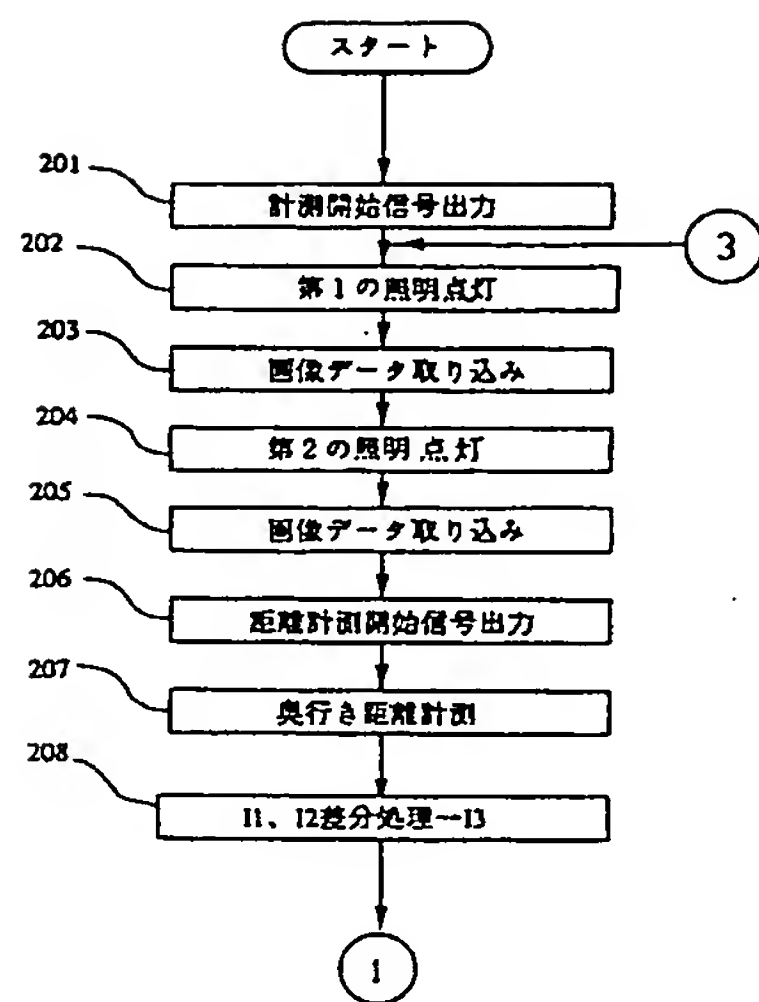
【図9】



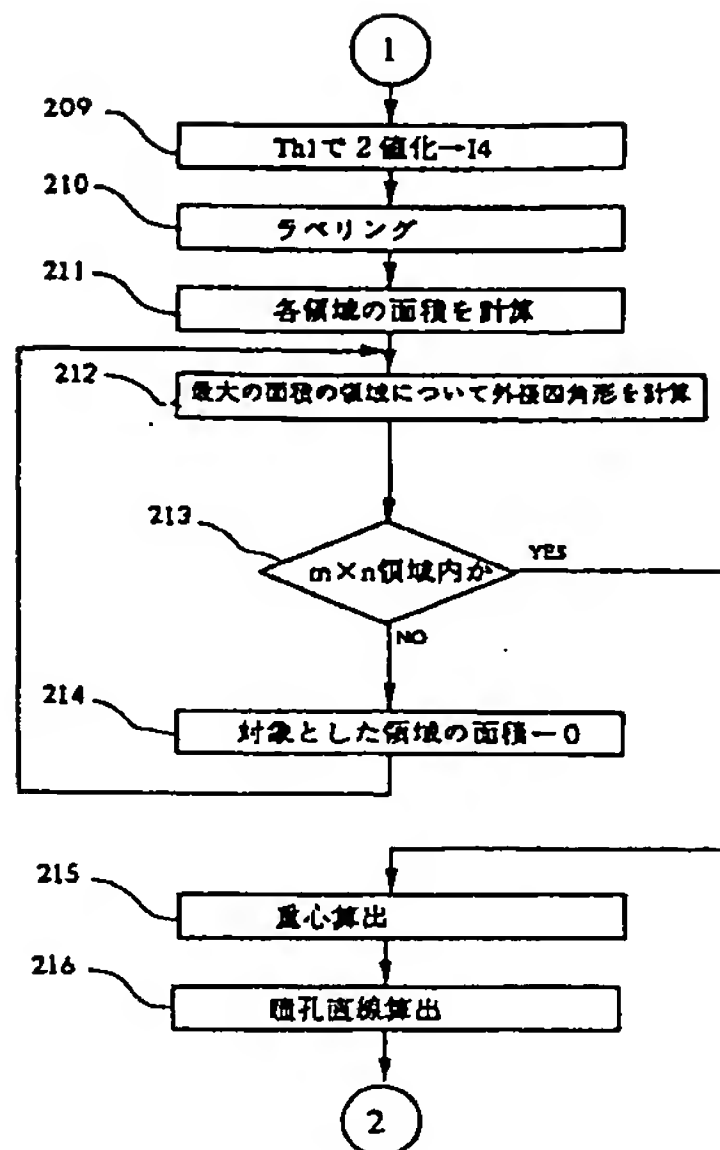
【図5】



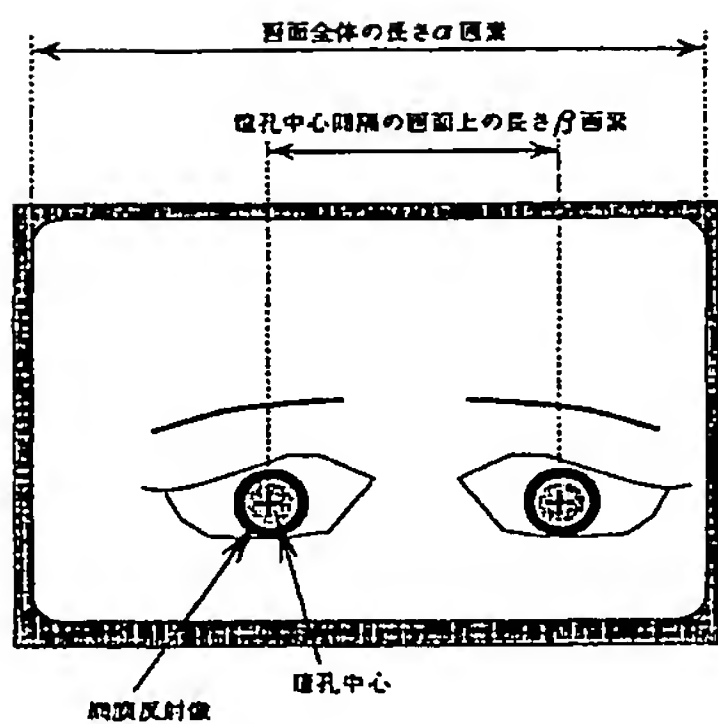
【図6】



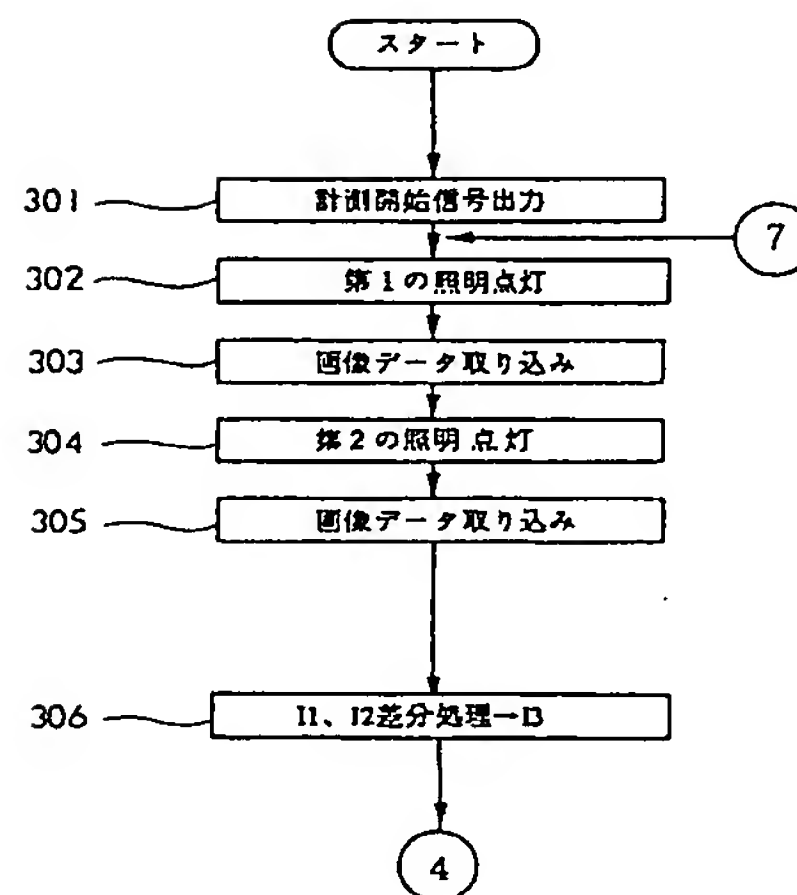
【図7】



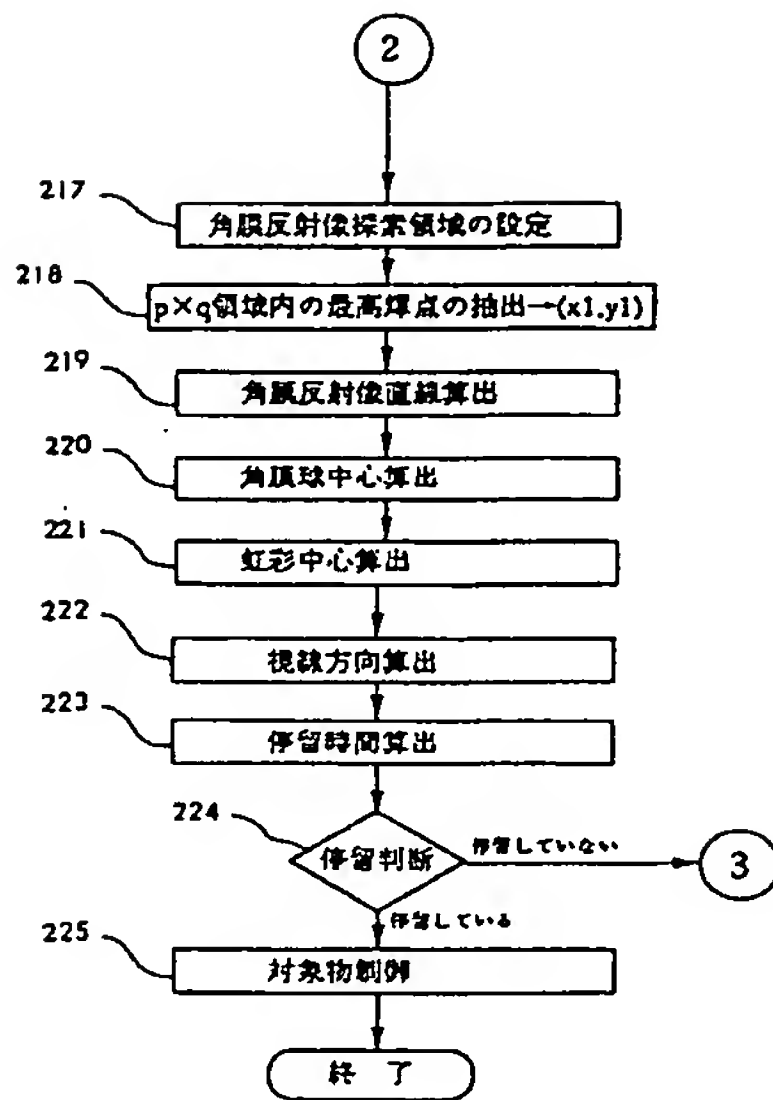
【図12】



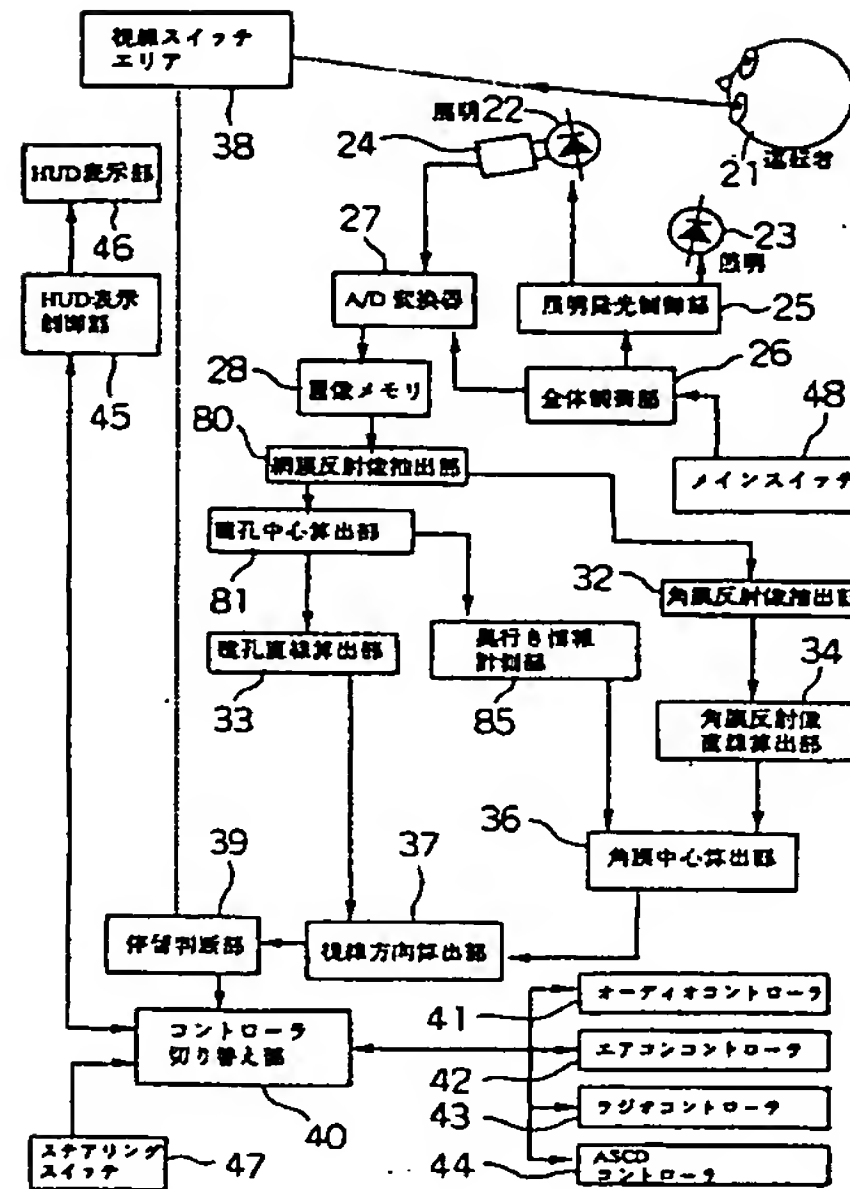
【図13】



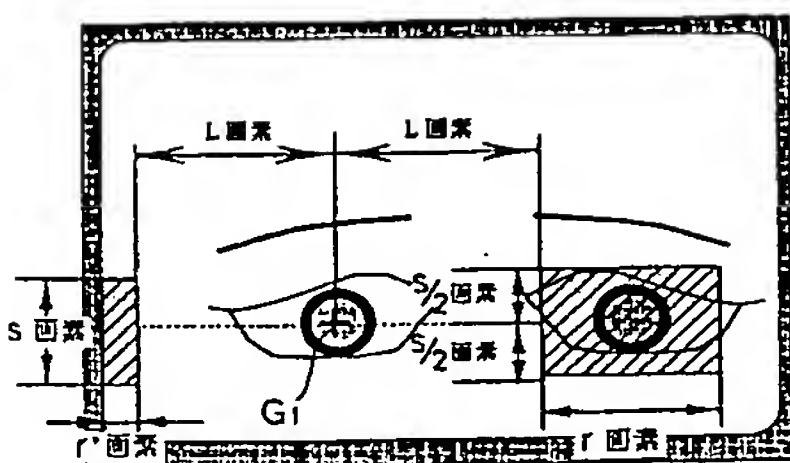
【図8】



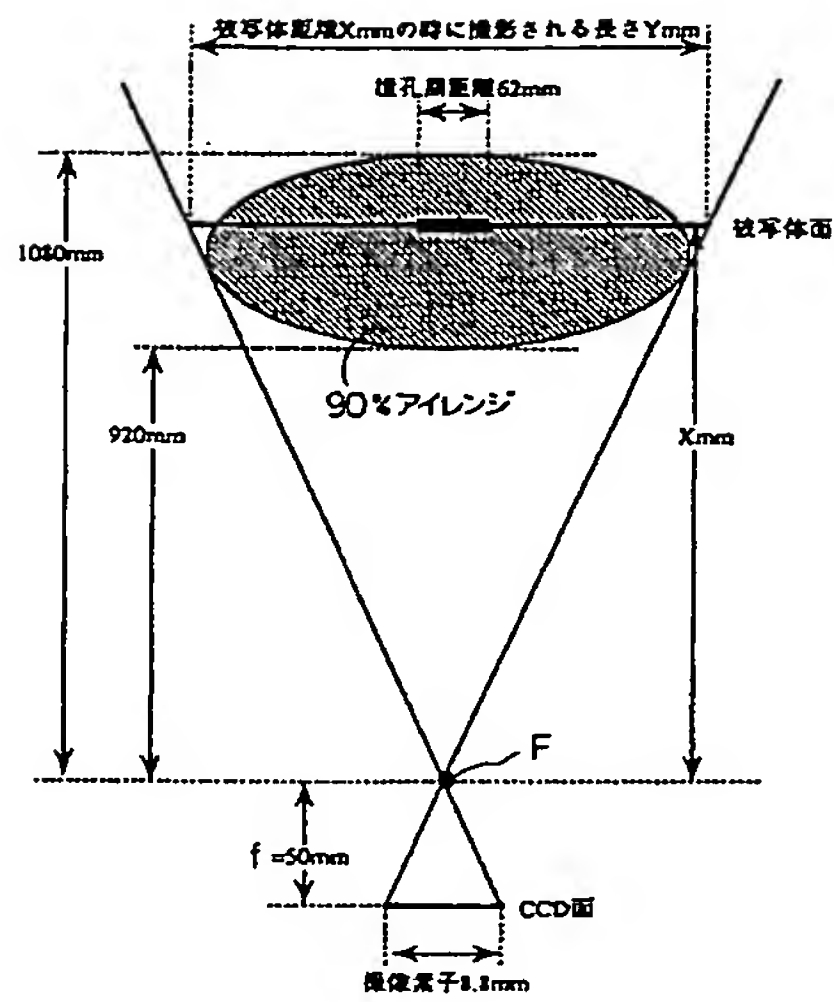
【図10】



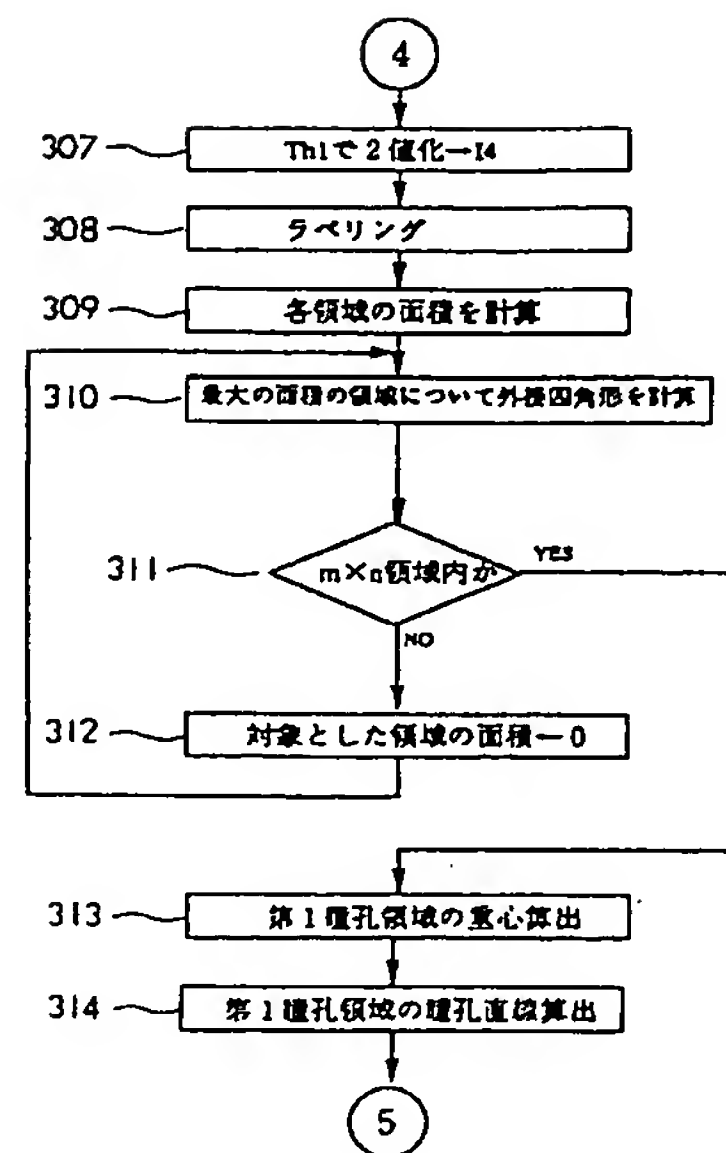
【図17】



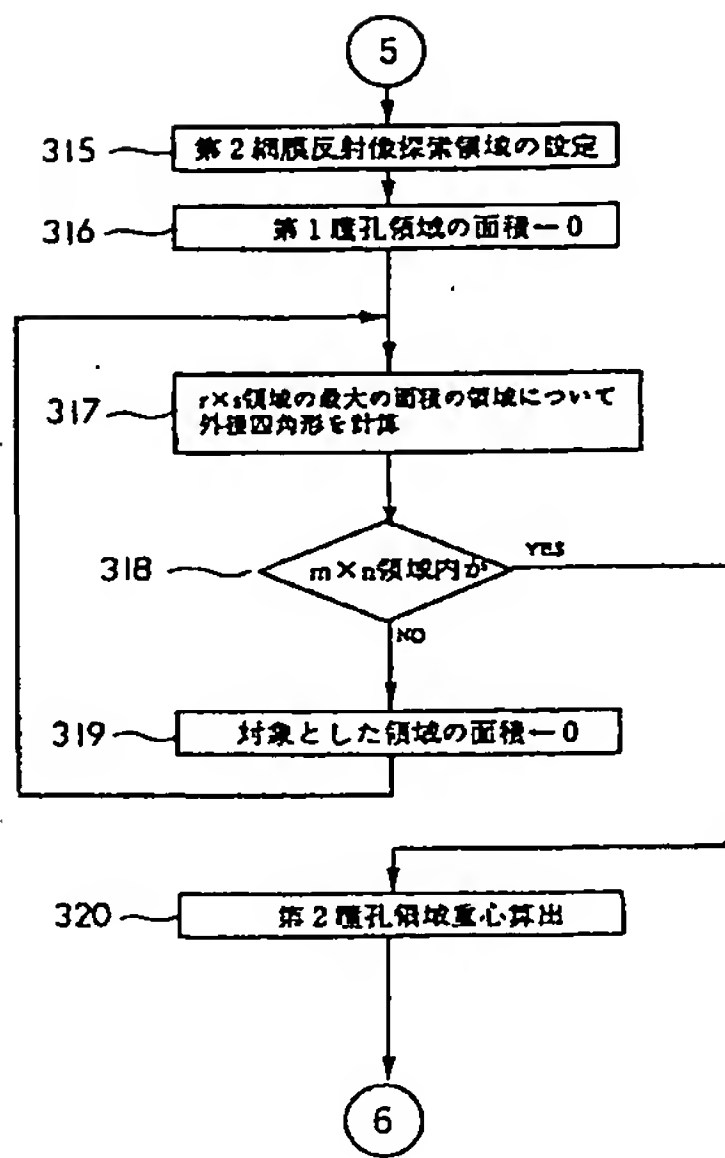
【図11】



【図14】



【図15】



【図16】

